Über den Zellinhalt der Schizophyten

von

Hugo Zukal.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Februar 1892.)

Vor kurzem ist eine Abhandlung von Deinega[1] über den Zellinhalt der Phycochromaceen erschienen, welche in mehr als einer Hinsicht beachtenswerth erscheint. Denn ausser einer sorgfältigen historischen Darstellung unseres, auf diese Frage sich beziehenden Wissens, berichtet er auch noch über seine eigenen Untersuchungen, welche sich kurz in folgenden Sätzen zusammenfassen lassen.

1. Die Frage über den Kern der Phycochromaceen kann augenblicklich weder bejahend, noch verneinend entschieden werden.

2. Bei den untersuchten fadenartigen Phycochromaceen *(Oscillaria princeps, O. Frölichii, Nostoc,* sp., *Aphanizomemon flos aquae)* ist ein Chromatophor vorhanden, welches in der Form eines mehr oder weniger durchlöcherten Plättchens, die innere Oberfläche der Zellen bekleidet.

3. Muss auch die Frage über die Natur der »Körner« offen bleiben. Man kann von diesen nur mit Bestimmtheit sagen, dass sie nicht aus Paramylum bestehen. Wahrscheinlich sind sie ein »Isomer« der Stärke.

Ich selbst habe mich in den letzten Jahren eingehend mit den Phycochromaceen befasst und dieselben in entwicklungsgeschichtlicher, morphologischer und anatomischer Beziehung untersucht. Bei der Lectüre der Arbeit Deinega's hatte ich jedoch das Gefühl, als ob die Resultate meiner Arbeit in Gefahr

---

[1] Valerian Deinega, Der gegenwärtige Zustand unserer Kenntnisse über den Zellinhalt der Phycochromaceen. Moskau, 1891.

wären, von anderen Autoren vorweggenommen zu werden. Ich beschloss daher, den rein anatomischen Theil meiner Arbeit von dem entwicklungsgeschichtlichen und morphologischen zu trennen, und über den ersteren hier detaillirt zu berichten.

Da Deinega den historischen Theil sehr gründlich behandelt hat, so kann ich mich über diesen Punkt um so kürzer fassen und denselben nur insofern berühren, als dies zum Verständniss meines Standpunktes unbedingt erforderlich ist.

Als Ausgangspunkt für meine Untersuchung benützte ich *Tolypothrix lanata* Wartm., zog aber dann nach und nach Vertreter fast aller Gattungen, einschliesslich der einzelligen Formen, in den Kreis meiner Arbeit.

Das für meine Zwecke instructivste *Tolypothrix*-Material sammelte ich im Herbst, und zwar im »Heustadlwasser« des Praters. Um diese Zeit zeigen nämlich die *Tolypothrix*-Fäden oft sehr deutliche, ohne Präparation sichtbare, zellkernartige Gebilde. Dieselben wurden schon vor mir von mehreren Beobachtern gesehen und als Zellkerne angesprochen, so von Wille,[1] Hansgirg,[2] Zacharias,[3] Scott.[4] Alle vier Forscher heben fast mit denselben Worten den Umstand hervor, dass man schon am lebenden Faden den Zellkern erkennen kann. Insbesondere sagt Wille: »Eine concentrirte Hämatoxylinlösung zeigte nach Einwirkung von 20 Stunden noch bessere Resultate. Der Nucleolus war dann intensiv blau, der Nucleus nur schwach blau, der Zellinhalt kaum gefärbt; die Scheiden dagegen waren wieder etwas stärker gefärbt. Es ist uns auch hier gelungen, ein deutliches Theilungsstadium zu finden. In der sich theilenden Zelle konnte man zwei unmittelbar aneinander liegende Zellkerne, beide mit Nucleolus, sehen. Ich glaube auch noch ein anderes Theilungsstadium gesehen zu haben. Der Zellkern war oval, mit zwei Nucleoli, und zwischen

---

1 Wille, Über die Zellkerne und die Poren der Wände bei den Phycochromaceen. Bericht d. d. bot. Gesellsch., I. Bd., S. 234, 1883.

2 Hansgirg, Physiolog. u. algolog. Studien, S. 125, 1887.

3 Zacharias, Beiträge zur Kenntniss des Zellkernes und der Sexualzellen. Bot. Zeitg., 1887, Nr. 18—24.

4 Scott, On Nuclei in Oscillaria and Tolypothrix. The Journal of the Linnean Society. Botany, vol. 24, N. 160, 1887.

diesen wurde eine helle, stärker lichtbrechende Zone beobachtet«.

Obgleich ich nun die Beobachtungen Wille's bestätigen muss, gelangte ich doch bezüglich der Deutung der Erscheinungen zu einem ganz anderen Resultat. Im Folgenden soll der Weg näher bezeichnet werden, auf welchen ich zu den, von Wille abweichenden Anschauungen gelangt bin.

Bei der Durchmusterung der lebenden *Tolypothrix*-Fäden fiel es mir auf, dass einzelne »Zellkerne« zwei oder mehrere Nucleoli von unregelmässiger, mitunter sogar sternförmiger Form enthielten. Diese verschwommen contourirten, wenig dichten und auffallend grossen Nucleoli liessen sich leicht mit Eosin, Kernschwarz, Hämatoxylin und Löffler'schen Methylenblau färben, während der Zellkern selbst nur sehr schwach tingirt wurde. Wendete ich aber wässerige Jodlösung an, so färbten sich umgekehrt der »Zellkern« deutlich rothbraun, die »Nucleoli« aber nur schwach gelblich. (Fig. 1.)

Da ich durch das Vergleichen vieler Zellkerne den Eindruck gewonnen hatte, dass die einzelnen Nucleoli mit den in der Mehrzahl auftretenden in einem genetischen Zusammenhang stehen, so machte ich den Versuch, ob sich nicht durch die Cultur der Alge Licht in diese Frage bringen liesse. Zu diesem Zwecke wurden lebende Fäden, welche Zellkerne mit mehreren Nucleolen enthielten, unter dem Simplex isolirt, einzeln auf verschiedene Objectträger vertheilt und dann im Wassertropfen in der feuchten Kammer mehrere Tage lang cultivirt. Durch diese Methode konnte ich mit voller Evidenz feststellen, dass die Nucleoli schliesslich zu einem einzigen Nucleolus verschmelzen. Dieser besitzt anfangs eine stattliche Grösse (Fig. 1*b* und *d*) und eine elliptische Gestalt, ist aber mehr matt, als glänzend. Später contrahirt er sich (Fig. 2*a*), wird rund und glänzend, und unterscheidet sich dann in nichts mehr von dem Nucleolus Wille's. Während der Verschmelzung der Nucleoli wurde eine auffällige Veränderung im »Zellkern« nicht bemerkt. Derselbe behielt vielmehr während dieser ganzen Zeit (also etwa während zwei Tagen) seine scheinbare Homogenität, seine Form und Grösse und seine mangelhafte Tinctionsfähigkeit bei.

Durch meinen ersten Culturversuch wurde also festgestellt, dass der runde glänzende Nucleolus Wille's durch das Verschmelzen zweier oder mehrerer grösserer, matter und unregelmässig gestalteter Nucleoli entstehe.

Weiteres konnte ich vorderhand nicht ermitteln, weil meine Culturen trotz fleissigen Wasserwechsels und guter Durchlüftung mittelst eines eigenen Apparates zu Grunde gingen. Bald darauf verschaffte ich mir aber frisches Material und zwar von demselben Standort. Dieses befand sich theilweise in einer lebhaften Hormogonienbildung, d. h. die Enden der meisten *Tolypothrix*-Fäden enthielten 1—3 mehrzellige Fadenstücke, die sich gegen einander abgerundet hatten und die unter gewissen Umständen leicht aus den oben offenen Scheiden heraustraten. (Fig. 12*c*.)

Das Heraustreten der Hormogenien beruht auf einem, die Scheide betreffenden Quellungsprocess, und nicht auf selbstthätigen Bewegungen der heraustretenden Fadenstücke. Die Richtigkeit dieser Behauptung erhellt aus dem Umstande, dass sowohl lebende, als auch durch Sublimat getödtete Fäden nach Anwendung eines beliebigen Quellungsmittels (Säuren, Alkalien, Chlorzinkjod, Kupferoxydammoniak) reichlich Hormogonien entbinden. Auch an alten Herbarexemplaren konnte ich dasselbe beobachten.

Die ausgetretenen Hormogonien (Synakineten) besitzen eine Plasmahaut und eine Länge von 100—300 μ bei einer durchschnittlichen Breite von 8—9 μ. Sie bestehen aus 20—80 scheibenförmigen Zellen, welche eine durchschnittliche Dicke von $1\frac{1}{2}$—4 μ zeigen. (Fig. 12*c*.) Der Inhalt der Hormogonienzellen scheint gleichmässig blaugrün tingirt zu sein. Allein bei Anwendung sehr starker Vergrösserungen überzeugt man sich jedoch, dass eigentlich nur die Rindenschicht der Protoplasten gefärbt ist, dass dagegen die Centralmasse derselben des Farbstoffes vollkommen entbehrt. Ausser dieser Differenzirung des Protoplasmas in eine gefärbte Rindenschicht und ungefärbte Centralmasse kann man in dem Zellinhalt nur noch die bekannten »Körner« unterscheiden, aber weder einen Kern, noch einen Nucleolus, noch Vacuolen. Aus dieser Beschreibung

geht hervor, dass die Zellen der Hormogonien weit mehr Ähnlichkeit mit den Zellen einer *Oscillaria* besassen, als mit den Zellen der älteren *Tolypothrix*-Fäden. Dieser Unterschied war um so auffallender, als nicht selten beide Zellformen in ein und demselben Faden vereinigt waren und zwar so, dass die Zellen mit dem grossen nucleolushältigen Zellkern an dem unteren Theil des Fadens, die kernlosen, *Oscillaria*-artigen Zellen dagegen zu einem oder mehreren Hormogonien vereinigt, weiter oben lagen. (Fig. 12 *a*, *b*, *c*.) Ich legte mir nun die sehr naheliegende Frage vor: Wie entstehen die kernlosen, *Oscillaria*-artigen Zellen aus den, mit einem deutlichen Zellkern und Kernkörperchen versehenen Protoplasten? Da diese Frage meiner Ansicht nach nur durch die Cultur auf dem Wege der directen Beobachtung entschieden werden konnte, so unternahm ich einen zweiten Culturversuch. Einzelne *Tolypothrix*-Fäden, welche Zellen mit deutlichen Zellkernen enthielten, wurden wieder isolirt, auf die Objectträger vertheilt und im Wassertropfen in der feuchten Kammer cultivirt. Wenn man die Fäden möglichst unverletzt überträgt, ferner möglichst rein arbeitet, wenn man ferner die Vorsicht gebraucht, dasselbe Wasser auf den Objectträger zu bringen, in welchem die *Tolypothrix* im Freien vegetirt, so kann man schon am nächsten Tage viele Kerne ein- bis zweimal getheilt finden. Der Kern theilt sich gewöhnlich durch eine auf die Längsrichtung des Fadens senkrechte Ebene. (Fig. 2 *b*.) Der Ausdruck theilt sich, ist übrigens streng genommen, nicht ganz richtig; denn eigentlich schnürt sich der Kern in der Mitte nur biscuitförmig ein; dasjenige, was sich wirklich theilt, ist der Nucleolus. Die Theilung der letzteren erfolgt gewöhnlich in der Nacht, so dass man bei Tage fast immer schon zwei abgerundete und deutlich von einander getrennte Kernkörperchen findet. Will man die Theilung selbst beobachten, so muss man die cultivirten Fäden entweder in den ersten Morgenstunden untersuchen, oder dieselben wenigstens mit Pikrinsäure fixiren. An dem fixirten Material kann man dann mit leichter Mühe durch das Vergleichen verschiedener Zellen constatiren, dass sich vor der Theilung der Nucleolus etwas in die Länge streckt und gleichzeitig in der Mitte einschnürt. Indem nun diese Einschnürung immer dünner

wird, erfolgt endlich die Durchtrennung der Verbindungsstelle. (Fig. 2*b*.) Ich sah übrigens mehrmals auch Kernkörperchen, welche nach Art gewisser Würste kettenförmig aneinander hingen. Letztere Figuration scheint darauf hinzudeuten, dass die Nucleoli zuweilen auch direct durchschnitten werden können.

Sobald einmal die Theilung der Kernkörperchen auf diese oder jene Weise erfolgt ist, rücken die Theile alsbald auseinander und zwar häufig in der Längenachse des Fadens. (Fig. 2*b* und 3a.)

Während des Theilungsprocesses bleibt der sogenannte Zellkern völlig passiv. Erst nach der Theilung streckt er sich etwas in die Länge und zwar in demselben Masse, als die Kernkörperchen auseinander weichen. Zuletzt umgibt er beide Nucleoli mit einem gleich dicken, jetzt aber schmäler gewordenen Saum. Die Theilung der Nucleoli schreitet nun in den nächsten Tagen rasch vorwärts. Bald sind aus den zwei Kernkörperchen 4, 8, 16, 32 u. s. w., geworden. So lange noch vier Nucleoli vorhanden sind, liegen sie gewöhnlich noch in einer Reihe und zwar meist in der Längenachse des Fadens. Später jedoch treten sie aus der Reihe heraus und erfüllen zuletzt in allen möglichen Lagen das ganze Innere der Zelle. (Fig 3*a*, *b*, *c*.)

Die »Zellkerne« folgen den Theilungen der Nucleoli nur undeutlich. So lange die Zahl 8 nicht überschritten wird, kann man allerdings noch sehen, dass die Nucleoli von einer gesonderten Protoplasmamasse umgeben werden. (Fig. 3*c*.) Später aber vereinigen sich offenbar die Plasmahüllen der Nucleoli mit dem übrigen Cytoplasma: wenigstens sind sie weder optisch noch mikrochemisch nachweisbar. Man sollte erwarten, dass durch die fortgesetzten Theilungen die Kernkörperchen immer kleiner werden, allein dies ist nicht der Fall, wenigstens nicht in einer auffallenden Weise, weil die Theilstücke immer bald wieder zu ihrer ursprünglichen Grösse heranwachsen.

Die Vermehrung der Nucleoli von der Einzahl auf die Vielzahl erfolgt jedoch nicht in ein und derselben Zelle: denn gewöhnlich theilt sich dieselbe schon durch eine Querwand, wenn die Zahl der Nucleoli auf 4 gewachsen ist. Durch die

nun rascher aufeinander folgenden Querwandbildungen in Verbindung mit der fortgesetzten Theilung der Nucleoli erhält bald ein ganzes Fadenstück das oben erwähnte Oscillarien-ähnliche Aussehen. Indem sich dann die unterste und zuweilen auch oberste Zelle dieses Fadenstückes abrundet und so von den übrigen Zellen des Fadens trennt, verwandelt sich dieses Fadenstück zum Hormogonium. (Fig. 12*c*.) Während dieser Zeit haben sich die Plasmahüllen der Nucleoli mit dem übrigen Cytoplasma vereinigt, und die Nucleoli sind den »Körnern« sowohl in Bezug auf ihr Aussehen, als auch in Bezug auf ihre mikrochemische Reaction immer ähnlicher geworden.

Durch diesen zweiten Culturversuch wurde also die Thatsache festgestellt, dass die Körner durch fortgesetzte Theilung — unter gleichzeitigem Verschwinden der sogenannten Zellkerne — aus dem Nucleolus Wille's hervorgehen.

Wie sollen aber die eben geschilderten Erscheinungen gedeutet werden? Was diesen Punkt betrifft, so gelangte ich nach sorgfältigem Abwägen des Pro und Contra zu folgender Ansicht:

In dem Entwicklungsgang von *Tolypothrix* kommt ein Stadium vor, welches durch das Auftreten eines einzigen Zellkernes in den Zellen charakterisirt ist. Dieser Zellkern (der Nucleolus Wille's) entsteht durch Verschmelzung aus zwei oder mehreren bereits vorhandenen Kernen. Um den neugebildeten Zellkern sammelt sich dann eine gewisse Plasmamasse, welche sich deutlich von dem übrigen Cytoplasma der Mutterzelle abgrenzt. Es entsteht daher in dieser Entwicklungsphase der *Tolypothrix* im Inneren der Zellen eine nackte Zelle (der Zellkern Wille's). Aus dieser letzteren gehen dann durch wiederholte Theilung der Kerne und der dieselben umgebenden Plasmamassen zwei, vier, acht u. s. w. eben solche nackte Zellen hervor, welche aber bald wieder zurückgebildet werden. Das Plasma dieser Zellen vermischt sich nämlich wieder mit dem Cytoplasma der Mutterzelle, und es bleiben nur die Zellkerne (Körner nach der bisherigen Terminologie) übrig. Vielleicht ist der ganze Vorgang nur das Spiegelbild einer Schwären-

sporen- oder Gameten-Bildung, die bei den phylogenitischen Stammeltern der *Tolypothrix* in einer bestimmten Entwicklungsphase ganz regelmässig stattfand.

Das eigentliche Punctum saliens meiner Auffassung der Vorgänge in den *Tolypothrix*-Zellen liegt in der behaupteten Zellkernnatur der »Nucleoli«, beziehungsweise der »Körner«.

Sollte daher die gegebene Deutung ihres subjectiven Charakters entkleidet werden, so mussten vor allem Beweise gesucht werden für die Zellkernnatur der »Körner«.

Wer in dem Inhaltskörper eines Protoplasten einen Zellkern vermuthet, sucht in demselben gewisse Stoffe nachzuweisen, welche nach dem gegenwärtigen Stand unseres Wissens in keinem Kern fehlen sollen; er sucht also vor allem nach dem Chromatin und Nucleïn und bei grösseren Kernen mit Schwarz[1] wohl auch nach dem Linin und Paralinin. Bei der Kleinheit der Körner konnte ich vernünftiger Weise nur nach den beiden ersteren Stoffen forschen und bediente mich dabei sowohl der Färbungsmittel, als auch der charakteristischen, mikrochemischen Reactionen nach den bewährtesten Methoden.

Über die Fähigkeit der Körner Farbstoffe aufzustapeln, kann ich mich kurz fassen, weil diese Eigenschaft schon von Anderen vor mir untersucht worden ist. So sagt zum Beispiel Schmitz[2] über diese Körner: »Alle diese Körnchen aber verhielten sich gegen Hämatoxylin ganz ähnlich wie die Chromatinkörper der Zellkerne oder die Mikrosomen der Protoplasmakörper anderer Pflanzen.« Ferner Strasburger:[3] »Fixiren wir die Objecte und tingiren sie mit Hämatoxylin, so färben sich die Körner, wie sonst Kernsubstanz.« Auch Ernst,[4]

---

[1] Frank Schwarz, Die morphol. und chem. Zusammensetzung des Protoplasmas. Cohn's Beiträge zur Biologie, 5. Bd., 1. Heft.

[2] Schmitz, Untersuchungen über die Structur des Protoplasmas und der Zellkerne der Pflanzenzellen. Sitzungsberichte der niederrhein. Gesellsch., Bonn, 1880; auch ebendaselbst 1879.

[3] Strasburger, Practicum, p. 357.

[4] Ernst, Über Kern- und Sporenbildung der Bacterien, Zeitschrift für Hygienie, 5. Bd., 1888.

Bütschli[1] und Deinega[2] betonen die relativ leichte Tinctionsfähigkeit der Phycochromaceen-Körner.

Ich selbst habe die Körner nicht nur von *Tolypothrix*, sondern auch die vieler Oscillarien, Rivularien, Stigonemen und Chroococcen mit sehr verschiedenen Farbstoffen und nach verschiedenen Methoden gefärbt und bin zu dem Resultat gekommen, dass ihre Tinctionsfähigkeit ebenfalls sehr verschieden ist. Im Allgemeinen kann man nur sagen, dass die Körner sich um so leichter färben, je jünger sie sind, am intensivsten kurz vor und nach der Theilung, am schwersten in alten Dauerzellen, Manubrien, Sporen etc. Was die Farbstoffe anbelangt, so wird Eosin und Safranin relativ leicht aufgenommen, minder gut Hämatoxylin und Gentianaviolett. Am stärksten färben sie sich jedoch mit heissem, alkalischen Methylenblau und Nachfärben mit kaltem, wässerigen Bismarckbraun. (Methode nach Ernst.) Auch die Gram'sche Methode gibt gute Resultate. Behandelt man die Körner mit Ammoniak oder mit Alkalien geringerer Concentration, so werden aus ihnen gewisse Stoffe herausgelöst und zwar im Allgemeinen um so mehr, je jünger sie sind.

Ähnlich wirken gewisse Salze, zum Beispiel das schwefelsaure Kupfer und 20%iges Kochsalz. Wie weit auch das Herauslösen gewisser Stoffe durch die Einwirkung der genannten Reagentien gehen mag, immer bleibt ein ungelöster Rest, ein Gerüste zurück, das allerdings oft nur bei einer sehr starken Vergrösserung und zweckmässigen Beleuchtung deutlich gesehen werden kann. Wenn daher von verschiedenen Autoren behauptet wird, dass die Körner nach Anwendung von 5%iger Kalilösung, Chloralhydrat etc. verschwinden, so ist dies nicht ganz richtig, es soll heissen, scheinbar verschwinden, und ich halte auch diesen letzteren Ausdruck noch für übertrieben. Widerstandsfähiger als gegen die Alkalien erweisen sich die Körner gegen die gewöhnlichen Mineralsäuren. Diese bringen aber, selbst bei mässiger Concentration,

---

[1] Bütschli, Über den Bau der Bacterien, 1890.

[2] Deinega, Der gegenwärtige Zustand unserer Kenntnisse über den Zellinhalt der Phycochromaceen, Moskau, 1891.

immer eine deutliche, mehr oder minder weitgehende Quellung hervor. Wenn aber Deinega behauptet, dass die Körner nach Anwendung von $1^0/_0$iger HCl verschwinden, so beruht diese Behauptung offenbar auf irgend einem Missverständniss, denn ich sah diese Wirkung niemals[1] und bei keiner Species eintreten.

Zucker und Schwefelsäure färben die Körner deutlich röthlich, auch die Xanthoproteïn- und die Biuret-Reaction geben ganz gute Resultate. Die beiden letzten allerdings nur bei älteren Körnern, wie man solche besonders in Dauerzellen, Manubrien, Sporen etc. angehäuft findet.

Dagegen erhielt ich durch das Millon'sche Reagens stets nur eine schwache und undeutliche Färbung, selbst nach dem Erwärmen.

Legt man *Tolypothrix*, Oscillarien, Rivularien, Chroococcen etc. etwa 24 Stunden in frisch bereitete Verdauungsflüssigkeit, so erhält man ein ziemlich merkwürdiges Resultat. Bei einem Theil der Fäden sind nämlich die Körner scheinbar verschwunden,[2] bei einem anderen Theil dagegen sind sie im Gegentheil recht deutlich geworden, und zeigen dann nicht selten den charakteristischen Nucleïnglanz.

Die mikrochemischen Reactionen führten mich zu folgenden Schlüssen:

1. Die Körner der Cyanophyten (Phycochromaceen) bestehen aus Eiweisskörpern und nicht aus Paramylum oder einem isomeren Stoffe, wie viele Autoren bisher angenommen haben.

2. Diese Eiweisskörper setzen sich hauptsächlich aus Chromatin und Nucleïn zusammen.

Auf das Vorhandensein von Chromatin schliesse ich nämlich aus der Tingibilität der Körner durch die gewöhnlichen

---

[1] Ich entkalke nämlich vor der Untersuchung regelmässig die Cyanophyten (besonders aber alle Landformen) mit verdünnter Salzsäure. Die Objecte liegen dann oft 24 Stunden in der Säure, aber ein Verschwinden der Körner habe ich niemals bemerkt.

[2] Ich sage scheinbar, denn ein zartes Gerüst bleibt unter allen Umständen zurück und kann sogar gewöhnlich noch mit ammoniakalischen Carminlösungen gefärbt werden.

Kernfärbungsmittel (Eosin, Safranin, Hämatoxylin, Platner's Kernschwarz, Methylenblau, Bismarckbraun,[1] ferner aus dem Verhalten der Körner gegenüber den Alkalien, insbesondere gegen Kupfersulfat und 20%iges Kochsalz.

Auf die Anwesenheit von Nucleïn — allerdings in sehr wechselnder Menge — muss ich aus den Verdauungs-Resultaten schliessen. Neben diesen zwei Körpern mögen indessen wohl noch andere vorhanden sein — vielleicht sogar incrustirende Substanzen. Auf die Existenz solcher Substanzen deutet wenigstens das zuweilen ganz abnorme Verhalten der Körner in sehr alten Zellen und in den Dauerzellen.[2]

Wie man sieht, hat die mikrochemische Untersuchung die durch die entwickelungsgeschichtlichen Befunde gewonnene Anschauung über die Natur der »Körner« bestätigt. Ich muss daher die Körner der Phycochromaceen (Cyanophyten) für echte Zellkerne halten und werde dieselben auch in Hinkunft so nennen.

Dass sich die Zellkerne der Phycochromaceen nicht in der complicirten Form der Karyokinese, sondern auf eine möglichst einfache Weise theilen, kann Niemanden, mit Hinblick auf den notorisch sehr niedrigen Rang[3] dieser Pflanzengruppe im System, wundern. Übrigens theilen sich die Kerne der Cyano-

---

[1] Ich modificire die Ernst'sche Kernfärbungsmethode insofern, indem ich die mit 1%iger Chromsäure entfärbten Fäden im nassen Zustande mit warmer Methylenblaulösung färbe, dann wasche, und zuletzt etwa 24 Stunden lang in eine wässerige Bismarckbraunlösung bringe. Auch auf diese Weise färben sich die Körner schwarz und zeigen die gewünschte »Mischfärbung«.

[2] Manche Körner, besonders solche, welche gewisse alte Zellen, Manubrien und Sporen in einer ganz ähnlichen Weise erfüllen, wie die Stärkekörner gewisse Reservestoffbehälter, setzen den Tinctionsversuchen oft einen grossen Widerstand entgegen. Aber auch sie lassen sich mit heisser Fuchsinlösung im Carbolwasser imprägniren. (Neisser-Buchner'sche Methode.) Solche Körner verhalten sich also merkwürdiger Weise ganz ähnlich, wie die »Sporen« der Bacterien.

[3] Hat doch einst ein sehr hervorragender Biologe, gelegentlich einer Besprechung der Algen des Karlsbader Sprudels, in den Phycochromaceen die Urpflanzen erkennen wollen, welche in den älteren Perioden das heisse Meer der Erde bevölkerten.

phyten nicht anders, wie die älteren Zellkerne von *Valonia* und *Imatophyllum*, oder wie die Kerne der Internodialzellen von *Chara* und *Nitella*, oder endlich wie die Kerne der Schwärmsporen von *Achlya* und die der Sporen in den Schläuchen der Ascomyceten.[1]

An dieser Stelle sei es mir gestattet, einige Beobachtungen zu beschreiben, welche ich über die Stellung der Kerne in den Zellen der Phycochromaceen gemacht habe, wobei ich hervorheben muss, dass sich diese Beobachtungen hauptsächlich auf die Fadenformen dieser Pflanzengruppe beziehen.

Die Lage der Zellkerne innerhalb der Zellen ist nämlich durchaus nicht eine feste, sondern im Gegentheil eine sehr veränderliche und scheint mit der Zelltheilung, wenn schon nicht in einem causalen, so doch in einem zeitlichen Zusammenhang zu stehen.

Man kann zweckmässig drei Hauptstellungen der Zellkerne unterscheiden, nämlich: Die indifferente, die polare und die äquatoriale Lagerungsweise. Befinden sich die Zellkerne in der indifferenten Lage, so erfüllen sie in gleichmässiger Vertheilung das Zelllumen. Das ist zum Beispiel der Fall in den alten, nicht mehr wachsenden Zellen, sowie in den Manubrien und Sporen. In der longitudinal[2] polaren Lage, d. h. an den beiden Enden der Zelle in der Richtung der Längsachse des Fadens angehäuft, liegen die Kerne gewöhnlich kurz vor der Theilung (Querwandbildung). In die äquatoriale Lage rücken dagegen die Zellkerne unmittelbar nach der Scheidewandbildung, d. h. sie verlassen das entweder über oder unter der Scheidewand liegende Zellende und sammeln sich um den Mittelpunkt der Zelle. Gewöhnlich folgt dieser Ansammlung

---

[1] Strasburger, Zellbildung und Zelltheilung, S. 228, und Schmitz, Über die Zellkerne der Thallophyten. Sitzungsber. der Niederrhein. Gesellsch., 1879. — De Bary, Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, S. 81.

[2] Bei den Stigonemen habe ich ausserdem eine transversal polare Lagerung der Zellkerne beobachtet. Hier stossen sich also die Kerne in der Richtung der Querachse des Fadens ab, aber nur in jenen Zellen, welche sich durch eine, zur Federnachse parallele Längswand theilen. Bei den Chroococcen scheint die Achse, in welcher die polare Abstossung der Kerne erfolgt, veränderlich zu sein.

der Zellkerne in der äquatorialen Zone alsbald eine Kerntheilung. Die neugebildeten Kerne stossen aber einander ab, und in Folge dessen rücken dieselben in die beiden entgegengesetzten Zellenden, also wieder in die polare Lage. Am klarsten treten diese Verhältnisse bei den dünneren und dünnsten Oscillarien hervor. Diese besitzen nämlich um so weniger Zellkerne, je dünner sie sind. Ja in den dünnsten Formen liegen in jeder Zelle nur zwei Kerne. Diese Zellen sind gewöhnlich langgestreckt, ganz im Gegensatz zu den dickeren Oscillarien, die bekanntlich sehr kurze, scheibenförmige Zellen besitzen. Gewöhnlich sieht man nun bei diesen dünnsten Oscillarien die Zellkerne in der polaren Lage. (Fig. 4.)

Cultivirt man aber einzelne Fäden im Hängetropfen, so überzeugt man sich, dass sich die meisten dieser zweikörnigen Zellen bald durch eine genau in der Mitte verlaufende Querwand theilen, und dass sie dann für einige Zeit — etwa für 6—12 Stunden — einkernig sind. (Fig. 6.)

Nach vollendeter Scheidewandbildung rückt aber der einzige Zellkern bald in die Mitte der Zelle, um sich dort alsbald zu theilen. (Fig. 7.) Nach der Theilung, welche in der Regel während der Nacht erfolgt, bemerkt man häufig um die beiden Kerne einen schmalen lichten Hof, der sich aber bald wieder verliert. Nun rücken die beiden Tochterkerne, indem sie sich abstossen, wieder nach den zwei Zellenden, also in die polare Lage. In dieser letzteren verbleiben sie, bis die nun eintretende Streckung der Zelle ein Maximum erreicht hat, worauf dann wieder die Querwandbildung beginnt. Genau so, wie in den zweikernigen Zellen, spielen sich die Vorgänge der Kerne und Zelltheilung auch bei den etwas dickeren, aber noch immer langzelligen Oscillarien ab, nur rückt hier selbstverständlich nicht ein einzelner Kern, sondern eine ganze Kerngruppe in die Mitte der Zelle.

Bei den älteren Oscillarien dieser dünnsten Gruppe kann man die Kerne auch in der indifferenten Lage beobachten. Sie liegen dann in ziemlich gleichen Abständen an der Mantelfläche der cylindrischen Zellen. (Fig. 5.)

Ob aber bei den grösseren Oscillarien die drei Lagerungsarten der Zellkerne zu der Zelltheilung in demselben Verhält-

nisse stehen, wie bei den dünnsten Formen, vermag ich nicht zu sagen. Denn bei den grossen Oscillarien erfolgt die Zelltheilung gewöhnlich so rasch und gewissermassen überstürzt, dass meist schon wieder eine neue Querwand angelegt wird, ehe die alte noch vollendet ist. Zudem sind die scheibenförmigen Zellen meist so kurz, dass man verschiedene Lagerungsweisen der Zellkerne überhaupt nur sehr schwer unterscheiden kann. Dagegen habe ich bei anderen Fadenformen, nämlich bei den Stigonemen, Rivularien, Scytonemen (wozu auch *Tolypothrix* gehört) und Nostocaceen, wiederholt alle drei Lagen der Zellkerne aufgefunden und mich in einzelnen Fällen auch davon überzeugt, dass diese Lagen zur Zelltheilung in einer ähnlichen Beziehung stehen, wie bei den dünnsten Oscillarien. (Fig. 8, 9, 10, 11.)

Ich verlasse nun die Zellkerne und wende mich den noch übrigen Theilen des Zellinhaltes der Cyanophyten zu, nämlich dem Cytoplasma und dem Chromatophor. Ich beginne mit dem Protoplasma der eingangs geschilderten nackten Zellen von *Tolypothrix.* Im lebenden Zustande erscheint dasselbe vollkommen homogen, stark lichtbrechend, und zeigt einen grünlichen Schimmer. Mit den gewöhnlichen Kernfärbungsmitteln tingirt es sich nur schwach, dagegen mit Jod deutlich rothbraun. Letztere Färbung rührt wahrscheinlich von einem reichlichen Gehalt an Glycogen her. In verdünnten Säuren, in schwacher Soda und Kochsalzlösungen quillt es sichtlich auf, in der Verdauungsflüssigkeit wird es fast ganz gelöst. Das ist Alles, was ich über das Protoplasma der nackten Zellen mitzutheilen habe. Ganz ähnlich verhält sich übrigens auch das Cytoplasma der gewöhnlichen Zellen, nur tritt in diesen ausser dem Glycogen, welches wahrscheinlich bei den Cyanophyten ein directes Assimilationsproduct ist, auch noch ein fettes Öl auf. So weit meine Beobachtungen reichen, bildet sich dasselbe nur (?) im Winter oder im ersten Frühjahre. Besonders schön beobachtete ich dasselbe bei einzelnen *Tolypothrix*-Rasen, welche zwischen feuchten Moosen eingebettet, am Uferrand eines kleinen Teiches im Prater überwintert hatten, und zwar in den Hormogonien. Hier hatte sich nämlich das fette Öl rings um die Zellkerne gesammelt, so dass diese wegen der totalen Reflexion der

Lichtstrahlen glänzend schwarz erschienen. Behandelte man solche Hormogonien mit Alkannatinctur, so färbten sich ausser den Scheiden auch noch die Kerne, beziehungsweise ihre Ölhüllen roth. In einem Gemisch von absolutem Alkohol und Äther verschwand mit dem Öl auch nach und nach die schwarze Färbung der Zellkerne. Indem ich dieser Erscheinung nachging und fleissig auch das im Winter gesammelte *Tolypothrix*-Material untersuchte, konnte ich bald constatiren, dass das fette Öl zuerst im Cytoplasma und zwar in der Form sehr kleiner Tröpfchen entsteht, die aber bald zusammenfliessen und sich an den Kernen niederschlagen. (Warum?)

Wenn im Frühjahr die Hormogonien ausschlüpfen und sich dann durch eine lebhafte Theilung und Streckung zu verlängern anfangen, verschwindet auch nach und nach das Öl bis auf die letzte Spur. Ähnliche, vom Öl umhüllte Zellkerne beobachtete ich ausserdem noch bei *Anabaena flos aque* und bei *Nostoc Itzigsohnii* Rabenh., aber ebenfalls im ersten Frühling. Dasselbe (?) Öl fand ich übrigens auch noch in einigen Sporen und in grossen *Chroococcus*-Zellen, jedoch nicht als Hülle um die Kerne, sondern in der Form grösserer Tropfen zwischen den Kernen. Ausser dem Glycogen und dem Öl konnte ich in dem Cytoplasma der Cyanophyten nur noch Spuren von Plastin nachweisen, aber auffallender Weise niemals Vacuolen.

Dennoch scheint in dem lebenden Cytoplasma ziemlich viel Zellsaft (Enchylema) vorhanden zu sein; ich schliesse dies nämlich aus folgenden Umständen: Wenn ich grosse Oscillarien — aus den heissen Quellen der Margarethen-Insel von Budapest — einige Tage im destillirten Wasser cultivirte, so entliessen die Oscillarien vor dem Absterben ihren blauen Farbstoff und färbten mit demselben weithin das Wasser. Bei einzelnen dieser Fäden, welche sich aber auf dem Objectträger noch lebhaft bewegten, war der Farbstoff nach innen diffundirt, und diese Oscillarien zeigten dann unter der gelblichgrünen Rindenschicht das schön blau gefärbte Cytoplasma.[1]

---

[1] Sollte das blaue »Chromatophor« von Tangl's *Plaxonema oscillans* nicht auch in einer ähnlichen Weise entstanden sein?

Die eben gegebene Beschreibung des Cytoplasmas der Cyanophyten steht in einem auffallenden Contrast mit Zacharias' Schilderungen über den »Centraltheil« derselben Algengruppe, wobei ich noch bemerken muss, dass dieser Centraltheil und mein Cytoplasma ein und dasselbe Ding sind.

Zacharias[1] hat bekanntlich constatirt, dass der Centraltheil der Cyanophyten-Zellen von einer Substanz erfüllt wird, welche sich nicht nur stärker färben lässt als das peripherische Plasma, sondern auch nur zum Theil im Magensaft löslich ist, während ihr unverdaulicher Rest sich in Bezug auf die Reactionen dem Kern-Nucleïn anschliesst.

Man wird nun mit Recht die Frage aufwerfen, wie sich die Befunde des genannten, hervorragenden Histologen mit der oben gegebenen Beschreibung des Cytoplasmas der Cyanophyten vereinen lassen? Darauf antworte ich Folgendes:

Wenn ich *Tolypothrix*-Fäden oder auch andere Fadenformen, deren Kerne sich zufällig in der äquatorialen Lage befinden, 24 Stunden lang in Magensaft legte, so erhielt ich ganz ähnliche Bilder wie Zacharias. Der Centraltheil der Zellen zeigte dann gewöhnlich ein unverdautes, mehr oder minder glänzendes Gerüste, das sich auch den übrigen Reactionen gegenüber als ein nucleïnartiger Körper bewährt. Dieses glänzende Gerüste stammt aber, wie man sich durch eine bloss drei- bis vierstündige Einwirkung des Magensaftes überzeugen kann, von den Zellkernen oder von den sich theilenden Zellkernen, gehört also meiner Auffassung nach nicht zum Cytoplasma.

Behandelt man dagegen Fäden, deren Zellkerne sich in der polaren Lage befinden, in derselben Weise wie früher mit Magensaft, so fehlt dem Centraltheil der Zellen das färbbare Gerüst vollständig und derselbe macht den Eindruck einer sehr grossen Vacuole. Fäden mit indifferenten Zellkernen geben dagegen nach

---

[1] E. Zacharias, Beiträge zur Kenntniss des Zellkernes und der Sexualzellen, Bot. Zeitung, 1887, und Über die Zellen der Cyanophyceen, Bot. Zeitung, 1890.

Behandlung mit Magensaft nur schwankende und undeutliche Befunde.

Ich glaube nun, dass durch diese Antwort nicht nur die Beobachtungen von Zacharias mit meinen eigenen in eine gewisse Übereinstimmung gebracht werden, sondern ich meine auch, dass dieselbe dazu beitragen wird, manche Räthsel und scheinbare Widersprüche in Zacharias gründlicher Arbeit zu lösen.

Ich komme nun zu der Frage, ob die Cyanophyceen ein Chromatophor besitzen?

Der Begründer dieses Ausdruckes und zugleich derjenige, welcher die Chlorophyllkörper der Algen am gründlichsten untersucht hat, nämlich Schmitz,[1] verneint bekanntlich das Vorhandensein von Chromatophoren und Zellkernen bei dieser Pflanzengruppe auf das entschiedenste. Bald darauf beschreiben jedoch bei einzelnen Phycochromaceen mehrere Forscher geformte Chromatophoren. So z. B. Zopf[2] bei *Phragmonema sordidum,* Tangl[3] bei *Plaxonema oxillans,* Lagerheim[4] für *Glaucocistis Nostochiarum* Itzigs., Hansgirg[5] für *Porphyridium cruentum, Chroodactylon Wollcanum* und *Chroothece Richterianum.*

Allein, abgesehen von dem Umstande, dass den genannten Algen von anderen Autoren der Cyanophytencharakter abgesprochen wurde, lässt sich doch nicht leugnen, dass diese Algen keine typischen Formen sind. Anders verhält sich aber die Sache bei Deinega.[6] Dieser Autor vindicirt nämlich allen fadenförmigen Phycochromaceen ein Chromatophor von der Form eines derben, grossmaschigen Netzes oder einer vielfach durchlöcherten Platte, u. zw. auf Grund des Verhaltens einiger Oscillarien im Magensaft. Dieser Autor hat nämlich das Verhalten des Zellkernes

---

[1] Fr. Schmitz, Die Chromatophoren d. Algen, Bonn, 1882.

[2] Zopf, Zur Morphologie d. Spaltpflanzen, 1882, S. 49.

[3] Tangl, Zur Morphologie der Cyanophyceen. Densch. d. Wiener Akad. d. W., 48. Bd., 1883.

[4] Lagerheim, Ein neues Beispiel des Vorkommens von Chromatophoren bei den Phycochromaceen. Bericht d. deutsch. bot. Gesellsch., 1884.

[5] Hansgirg, Über den Polymosphismus der Algen. Bot. Centralblatt 22. Bd. Ein Beitrag zur Kenntniss von der Verbreitung der Chromatophoren und Zellkerne. Bericht d. deut. bot. Gesellschaft, 1885.

[6] Deinega, Siehe Anmerkung 1.

einiger Algen, wie z. B. *Hydrodictyon utriculatum*, *Spirogyra crassa* gegenüber dem Magensaft untersucht und zu seinem Erstaunen gefunden, dass nach einer 24stündigen Einwirkung desselben die Kerne vollständig verschwinden und durch keinen Farbstoff mehr zur Anschauung gebracht werden können. Er überzeugte sich auch unter dem Mikroskop, dass der Magensaft »dieses vollkommene Reagenz für Kerne höherer Pflanzen« den Kern von *Spirogyra*-zwang aufzuschwellen und zu verschwinden. Aber die Chlorophyllbänder, obgleich entfärbt und verstümmelt, blieben zurück und zeigten den charakteristischen Nucleinglanz.

Auch *Oscillaria Fröhlichii*, ferner *O. princeps* wiesen nach 24stündiger Behandlung mit Magensaft ein peripherisches, grobmaschiges, glänzendes Nucleingerüst auf, weshalb Deinega keinen Anstand nimmt, dieses Netz ebenfalls für ein Chromatophor zu erklären, u. zw. um so mehr, als er ein ähnliches Netz ohne Anwendung von Reagentien bei den lebenden Oscillarien wahrgenommen haben will. Ich konnte mich von der Existenz eines solchen grobmaschigen Netzes nicht überzeugen, weder an den lebenden Oscillarien, noch an den Verdauungsresten. Wahrscheinlich bestand der von Deinega beschriebene Körper aus Plastin, also aus einem Stoff, welcher in dem peripherischen Theile der Cyanophytenzellen ohne Zweifel ziemlich reichlich vorkommt und der bekanntlich sowohl der Pepsin- als auch der Tripsin-Verdauung widersteht. Wenn aber Deinega das grobmaschige Netz auch an lebenden Oscillarien wahrgenommen haben will, so kann ich dies nicht anders erklären, als dass entweder durch abnorme Ernährung oder durch Druck auf das Protoplasma ein Reiz ausgeübt worden ist, der zu einem Entmischungsvorgang in den obersten Schichten führte. Sei dem übrigens wie ihm wolle, für mich liegt die Frage nach dem Chromatophor der Cyanophyceen sehr einfach durch die folgende Betrachtung. Zacharias hat gefunden, dass nicht der ganze Zellinhalt der Cyanophyceenzelle gleichmässig tingirt ist, sondern dass dieser Inhalt in einem gefärbten, peripherischen Theil und in einen ungefärbten Centraltheil zerfällt. Diese Thatsache wurde von Bütschli,[1] Deinega und mir bestätigt

---

[1] Bütschli, Über den Bau der Bacterien. Leipzig, 1890.

und jeder Beobachter kann sich von der Richtigkeit derselben ohne grosse Mühe überzeugen. Nun muss ich aber infolge meiner sonstigen Befunde den ungefärbten Centraltheil als Cytoplasma ansprechen und daher logischer Weise den gefärbten Rindentheil — als Chromatophor; denn was ist ein Chromatophor anderes, als ein bestimmt abgegrenzter und mit dem charakteristischen Farbstoff durchtränkter Theil des Protoplasmas? Über den feineren Bau dieser Chromatophors kann man kaum mehr sagen, als dass derselbe möglicher Weise äusserst feinnetzig ist, denn unter den stärksten Vergrösserungen erscheint der Chromatophor fein punktirt.

Da in vielen Fällen die Chromatophoren der Algen mit eigenthümlichen, farblosen, zellkernähnlichen Körpern, den sogenannten Pyrenoiden, associirt sind, so legte ich mir die Frage vor, ob nicht auch die Chromatophoren der Cyanophyceen Pyrenoide besitzen? Ich kann aber diese Frage gegenwärtig weder bejahen noch verneinen. Thatsächlich bemerkt man nicht selten einzelne Körner, welche sehr weit gegen den peripherischen Zelltheil zu, vielleicht ganz innerhalb des Chromatophors liegen. Würde nun nachgewiesen werden können, dass dieses Vorkommen ein constantes sei, und würden dann noch die mikrochemischen Reactionen stimmen, so könnte man füglich gegen die Bezeichnung solcher Körner mit dem Ausdruck Pyrenoid nichts einwenden.

Gewöhnlich functionirt die ganze Rindenschicht der Cyanophytenzelle, einschliesslich der beiden Basisflächen, als Chromatophor. Mir sind indessen zwei Fälle bekannt, wo dies nicht der Fall war.

Der erste Ausnahmsfall bezieht sich auf einen mittelstarken, schön gefärbten und sich lebhaft bewegenden Oscillariafaden aus unserer wohlriechenden »Wien«. Die Zellen zeigten nichts auffallendes. Die Kerne lagen in der polaren Stellung und die Zelltheilung war im lebhaftesten Gange. Nur das Chromatophor war in keiner einzigen Zelle geschlossen, sondern wies an der Mantelfläche eine etwa 2 μ breite, farblose Lücke. Die ungefärbten Stellen der Zellen stiessen derartig aneinander, dass sie zusammen ein schmales Band bildeten, welches sich in einer ziemlich steilen Spirale um den ganzen Faden herumwand.

Der Anblick des farblosen Bandes erinnerte lebhaft an den bekannten Interferenzstreifen der Characeen. Der zweite Fall bezieht sich auf eine sehr dünne, langzellige, zweikernige Oscillaria, welche von einem Fenster eines alten Warmhauses in Schönbrunn stammte. Die Zellen einzelner Fäden waren etwa 2·5 *cm* dick und 4—5 mal so lang und zeigten in einzelnen wenigen Fäden ein Chromatophor, welches auf einer Seite der Mantelfläche nur etwa $^4/_5$ der Fläche bedeckte, das letzte Fünftel aber in der Form eines rundlichen Ausschnittes frei (farblos) liess. Ich erkläre mir beide Fälle durch ein zu rasches Wachsthum der Zelle, u. zw. das einemal in die Dicke, das anderemal in die Länge, welchem zu folgen das Chromatophor nicht im Stande war.

Schliesslich möchte ich noch erwähnen, dass die äusserste Schicht der Chromatophoren wahrscheinlich noch besonders differenzirt ist. Sie bildet nämlich eine sogenannte Plasmahaut, innerhalb welcher die sie zusammensetzenden Plasomen[1] möglicher Weise ähnlich neben einander liegen und mit einander verkettet sind, wie die Kästchen der Muskeln. Darauf deuten wenigstens die Contractionswellen hin, welche während der Bewegung über die Hautschicht der Oscillarien laufen und ausserdem noch andere Thatsachen (Gallertabscheidung etc.), auf die ich jedoch hier nicht einzugehen beabsichtige.

Nachdem wir nun über den Bau der Cyanophyceenzelle eine ziemlich klare Vorstellung gewonnen haben, wenden wir uns der zweiten Abtheilung der Schizophyten zu, den Bacterien.

Noch im Jahre 1884 konnte de Bary[2] lakonisch behaupten: »Zellkerne sind in den Bacterien bis jetzt nicht beobachtet.« Indessen waren auch damals schon einige einschlägige Daten bekannt. Wir finden nämlich bei den verschiedenen Bacterienforschern zahlreiche Angaben über die Sporenbildung. Da sich aber, wie sich später ergeben wird, bei den Bacterien die Kerne leicht in Sporen umwandeln (wahrscheinlich in Folge einer Anpassung an ziemlich rasch vorübergehende Bedingungen),

---

[1] Im Sinne Wiesner's. Bezüglich der Plasomen muss ich auf dessen neuestes Werk: Die Elementarstructur und das Wachsthum der lebenden Substanz verweisen. Wien, 1891, Hölder.

[2] De Bary, Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, S. 492. und Vorlesungen über Bacterien. 2. Auflage, S. 14.

so gibt das über die Entwicklung der Sporen Gesagte auch einige Aufschlüsse über die Kerne. Nach den übereinstimmenden Berichten der Forscher[1] geht aber die Sporenbildung bei den Bacterien so vor sich, dass im Plasma ein dunklerer, relativ sehr kleiner Körper erscheint, der aber rasch heranwächst und dabei immer stärker lichtbrechend wird, zuletzt scharfe Umrisse und eine Membran erhält. Dabei wird entweder der ganze Zellinhalt verbraucht oder nur ein grösserer oder kleinerer Theil desselben. Von der Arthrospore sehe ich hier ab.

Der erste, welcher vollkommen bewusst und mit klarer Fragestellung nach den Kernen der Bacterien geforscht hat, war Ernst.[2] Es gelang ihm auch bei einer ganzen Reihe von Bacillen das Auftreten von Kernen nachzuweisen und dieselben von den Sporen scharf zu unterscheiden. Da bei den Bacterien, wie schon oben erwähnt, die Zellkerne leicht in Sporen umgewandelt werden, so ist es nicht immer leicht die eigentlichen Kerne von den Sporeninitialen, das heisst von den nackten Zellen zu unterscheiden, welche dadurch entstehen, dass sich das Protoplasma um die Zellkerne herumsammelt und von dem übrigen Cytoplasma absondert. Ja in einzelnen Fällen können, wegen der Kleinheit der Objecte, sogar die Sporen selbst mit den Kernen verwechselt werden. Ernst hat nun, um sich vor Verwechslungen zu schützen, ein neues Tinctionsverfahren[3] angewendet, durch welches er jeder Zeit leicht die Kerne von

---

[1] Cohn, Beiträge zur Biologie der Bacillen. Beiträge z. Biolog. 2. Bd., S. 248 und 263 (Sporenbildung bei B. subtilis). R. Koch, Die Aetiologie der Milzbrandkrankheit in Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 2. Bd., S. 277. Alfred Koch, Morphologie und Entwicklungsgeschichte einiger endosporen Bacterienformen. Bot. Zeitung, 1888, S. 311. Prazmowski, Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte und Formentwicklung einiger Bacterienarten, 1880, S. 27. Pommer, Ein Beitrag zur Kenntniss der fadenbildenden Bacterien. Mittheilungen des bot. Inst. in Graz, 1886, S. 192 etc.

[2] Ernst, Über Kern und Sporenbildung bei Bacterien. Zeitschr. für Hygiene, 5. Bd., 1888.

[3] Dieses Verfahren besteht darin, dass man die nach Koch'scher Manier an das Deckglas angetrockneten Bacterien mit warmem (nicht heissem) Löffler'schen Methylenblau färbt, dann wäscht und schliesslich mit wässerigem Bismarckbraun nachfärbt. Nach dieser Methode färben sich die Zellkerne schwarz (Mischfärbung), die Sporeninitialen zeigen einen schwarzen Kern in ungefärbter Ellipse und die Sporen erscheinen blau (Doppelfärbung).

den Sporeninitialen und den Sporen selbst unterscheiden konnte. Er hat auch eine Oscillaria nach der von ihm erfundenen Methode gefärbt und constatirt, dass die »Körner« derselben genau dieselbe Färbung annehmen, wie die Kerne der von ihm untersuchten Bacillen. Die Homologie zwischen den »Körnern« der Phycochromaceen und der Bacterien wurde in neuester Zeit auch von Bütschli[1] bestätigt. Da ich mich durch die Untersuchung von Cladothrix, Beggiatoa, Chromatium, Ophidomonas etc. aus eigener Anschauung davon überzeugt habe, dass die »rothen Körnchen« dieses Forschers mit meinen Zellkernen identisch sind, so hat Bütschli indirect nicht nur unsere Kenntniss von dem Vorhandensein der Zellkerne bei den Bacterien erweitert, sondern er hat auch nachgewiesen, dass die grösseren Eubacterien und vielleicht alle Desmobacterien vielkernig sind, ganz analog den meisten Cyanophyten.

Nach dem Wenigen, was wir, trotz des durch Cohn, R. Koch, Pasteur, v. Tieghem, Zopf und Anderen bewirkten imposanten Aufschwunges der Bacteriologie, in botanischer Beziehung von den Bacterien wissen, verhalten sich diese letzteren in Bezug auf den Zellinhalt ganz ähnlich, wie die Cyanophyten. Ja einige unter ihnen, wie z. B. die rothen Schwefelbacterien[2] besitzen ein ausgesprochenes Chromatophor von einem ganz ähnlichen Bau, wie bei den Cyanophyten. Die farblosen unter den Bacterien besitzen wenigstens eine »Rindenschicht«, einen »Centraltheil« und »Körner«, oder nach meiner Terminologie eine Hautschicht, Cytoplasma und Zellkerne. Nur in Bezug auf Neben- und Ausscheidungsproducte (Farbstoffe, Enzyme, Toxalbumine etc.) weichen sie in Folge ihrer Anpassung an die saprophytische und parasitische Lebensweise von den phycochromhältigen Schizophyten ab.

Mit Rücksicht auf die Zellkerne kann man die Bacterien in mehrkernige, zweikernige und einkernige

---

[1] O. Bütschli, Über den Bau der Bacterien. Leipzig, 1890.

[2] Über Schwefelbacterien siehe Winogradsky, Bot. Zeitung 1887, und Beiträge zur Morph. und Phys. der Bacterien. Heft I. Leipzig, 1888.

eintheilen. Zu den ersteren gehören wahrscheinlich nur die grössten Formen, zu den letzteren das Gros der kleineren und mittleren Arten. Über die zweikernigen ist nur wenig bekannt, eigentlich gar nichts Sicheres. Doch finden sich in der Bacterienliteratur einzelne Angaben, welche wenigstens auf das Vorhandensein zweikerniger Formen schliessen lassen. So gibt z. B. Peters[1] bei der Beschreibung der Sporenbildung des Bacillus *E* an, dass, wenn die Spore an dem einen Ende des Stäbchens angelegt wird, an dem anderen Ende ein oder mehrere glänzende Körner gebildet werden. Während der Spore an Glanz zunimmt, thun die Gegenfüssler dasselbe und ihre Grösse gibt der der Spore (besonders dann, wenn nur ein Kern entwickelt worden ist) nur wenig nach. In solchen Stäbchen wird aber dennoch nur immer eine keimfähige Spore gebildet. Ähnliche Angaben machen Klein,[2] Praxmowski[3] und Kern.[4] Mit Bezug auf diese Angaben, hauptsächlich aber in Folge Analogie mit den zweikernigen, dünnsten Oscillarien bin ich geneigt, sämmtliche Bacterien mit endständigen Sporen für ursprünglich zweikernig zu halten. Ich stelle mir nämlich vor, dass sich die beiden Kerne dieser Bacterien vor der Sporenbildung in der polaren Lage, also z. B. an den beiden Enden des Stäbchens befinden. Von den beiden Kernen kann sich dann entweder nur der eine zur Sporeninitiale (nackten Zelle) entwickeln oder beide. Auch kann der Fall eintreten, dass nur eine der beiden Sporeninitialen wirklich zur Spore wird.

Letztere bleibt dann natürlich an der Stelle liegen, wo sie gebildet worden ist, und nur ihre Lage am Ende der Stäbchen deutet noch darauf hin, dass die Mutterzelle ursprünglich zwei Kerne besessen hat.

Die einkernigen Bacterien dürften meiner Ansicht nach nur »mittelständige Sporen« bilden.

---

[1] Peters, Die Organismen des Sauerteiges. Bot. Zeitung, 1889, S. 438.

[2] Klein, Botanische Bacterienstudien I. Bacillus sessilis, S. 14. Jena, 1889.

[3] Prazmowski, Cit. von van Tieghem Bull. Soc. bot. de Fç. T. 260, 1879, p. 65.

[4] Kern, Über ein Milchferment aus dem Kaukasus (Dispora). Bot. Zeitung, 1882, und Bull. d. l. Soc. d'hist. nat. de Moscou, 1882.

Hier muss ich übrigens noch eines Umstandes erwähnen, der mir bei dem Studium der Ernst'schen Arbeit aufgefallen ist. Ernst hat nämlich die Vorstellung, dass die vegetativen Bacterien ursprünglich kernlos sind und dass sich der Kern erst spät, oft nach vielen kernlosen Generationen bilde. Gegen diese Anschauung, so sehr sie auch den wirklichen Befunden zu entsprechen scheint, soll jedoch hier Protest erhoben werden. Denn meines Wissens ist kein einziger Fall im ganzen Pflanzenreich sicher bekannt, dass sich ein Kern aus dem Protoplasma neu gebildet hätte. Vielmehr gilt der Grundsatz, dass jeder Kern wieder von einem Kern abstammt.

Anderseits kann ich aber auch nicht den Standpunkt Bütschli's acceptiren, welcher auf Grund der Annahme, dass die Bacterien grösstentheils aus Kernsubstanz bestehen, den Schluss zieht, dass die Urorganismen plasmalose, freie Kerne waren. Ich kann diesem Schlusse schon desshalb nicht zustimmen, weil ich die Prämissen negire, indem ich leugne, dass die Bacterien grösstentheils aus Kernsubstanz bestehen. Ich stehe vielmehr ganz auf dem Standpunkt Wiesner's,[1] welcher in seinem neuesten, ungemein anregenden Werke der Anschauung Ausdruck gibt, dass weder der Kern vor dem Protaplasma, noch letzteres vor dem Kern existirte, dass sich vielmehr beide einstens gleichzellig aus einem viel einfacher organisirten »Archiplasma« heraus differencirten. Ich selbst bin der Meinung, dass die meisten der gegenwärtig bekannten Bacterien zu jenen vorgeschrittenen Organismen gehören, welche bereits ein Protoplasma und einen Zellkern besitzen. Wenn übrigens diese Bacterienkerne zu ihren Zellen in demselben Grössenverhältniss stehen, wie die Kerne der Cyanophyten zu ihren bezüglichen Zellen, und es spricht kein Grund dafür, dass dies anders sein sollte, dann müssen die Kerne der kleinsten Bacterien ausserordentlich klein sein und ihre Auffindung wird an die mikrochemische Technik und an die Leistungsfähigkeit unserer Immersionssysteme die höchsten Anforderungen stellen. Vielleicht wird jedoch

[1] L. Wiesner, Die Elementarstructur und das Wachsthum der lebenden Substanz. Wien, 1891, Hölder.

die Benützung der Photographie[1] mit Hilfe von Zirkonlicht und Aplanaten diese Auffindung erleichtern.

Schliesslich will ich noch einen Punkt unseres bacteriologischen Wissens berühren, nämlich die Stellung der Bacterien im System. Bütschli[2] hat vor einiger Zeit, gestützt auf die Homologie der Sporenbildung der endosporen Bacterien mit jener von Monas und Chromalina, auf die Möglichkeit eines phylogenetischen Zusammenhanges der Bacterien mit den Flagellaten hingewiesen, und Klein[3] ist der Ansicht, dass seine Untersuchungen über die endosporen Sumpfbacterien (bei denen die Sporenbildung in einem bestimmt abgegrenzten Plasmatheil beginnt), die Annahme Bütschli's wesentlich befestigen. Nachdem aber jetzt für die Cyanophyten, u. zw. speciell für *Tolypotrix* nachgewiesen ist, dass im Innern der Zellen unter bestimmten Umständen nackte Zellen gebildet werden können, verliert die endogene Zellbildung bei den nächsten Verwandten der Cyanophyten, den Bacterien, alles Räthselhafte. Denn von der Bildung nackter Zellen bis zur Sporenbildung ist doch nur ein kleiner Schritt. Dass aber dieser Schritt besonders häufig bei den Bacterien gemacht wird, ist verständlich, wenn man bedenkt, wie häufig die Vegetation der Bacterien durch die eigenen Stoffwechselproducte gehemmt wird. Übrigens ist die Kluft zwischen den endosporen und arthrosporen Bacterien bei weitem nicht so gross, wie sie in der Regel geschildert wird. Denn es gibt auch eine endogene Sporenbildung, z. B. bei dem Heupilz und den falschen Heupilzen, bei der sich der ganze Zellinhalt zur Spore contrahirt.

Denken wir uns diesen selben Vorgang nicht in einem Stäbchen, sondern in einem Coccus abgesponnen, setzen wir ferner noch den Fall, dass sich die neu gebildete Spore später noch vergrössert, so ergibt sich ein allmäliger Übergang zur

---

[1] Bekanntlich sind gut präparirte photographische Platten empfindlicher wie unsere Netzhaut. Wie viel sich mit der Photographie erreichen lässt, zeigen die Bacterien-Photographien in Cohn's Beiträgen zur Biologie der Pflanzen, 2. Band, welche übrigens nur als erster Versuch gelten wollen.

[2] Bütschli, Protozoa, II., p. 809, 1884.

[3] Klein, Botanische Bacterienstudien, II., S. 67. Berlin, 1889.

Arthrosporenbildung von selbst. Ähnliches wurde übrigens bereits wiederholt behauptet. So z. B. von van Tieghem[1] und Prazmowski.[2] Ja letzterer sagt geradezu, dass kein Grund vorhanden ist, bei den Bacterien einen zweifachen Fructificationsmodus anzunehmen. Ganz ähnlich liegen die Dinge bei den Cyanophyten. Hier sollen angeblich nur Akineten vorkommen und niemals Aplanosporen. Allein bei *Nodularia Harveyana Thuret* habe ich beobachtet, dass sich das Protoplasma innerhalb der deutlich viereckigen Zelle abrundet mit einer neuen, eigenen Haut umgibt, dann weiter wächst und schliesslich unter Vergallertung der ursprünglichen (4eckigen) Membran zur Spore wird. Ist das nicht der vollständigste Übergang zur Aplanosporenbildung? Bei den sporenbildenden Stigonemen theilt sich der Inhalt der Sporenmutterzelle oft in zwei oder auch vier Theile, welche zuerst gewöhnlich etwas heranwachsen, dann sich aber abrunden und sich schliesslich mit einer derben Aussenhaut umgeben. Ich sehe nicht ein, warum man diese Sporen nicht ebenfalls als »endogene Sporen« ansprechen soll. Wie dem übrigens auch sei, ob es Übergänge zwischen Endo- und Arthrosporen, beziehungsweise zwischen Akineten und Aplanosporen gibt oder nicht, für mich ist die Thatsache massgebend, dass zu gewissen Zeiten in den Zellen der Schizophyten nackte Zellen auftreten. Dadurch ist in meinen Augen die Endosporenbildung vollständig erklärt und die Arthrosporen erklären sich selbst.

Aus dem Gesagten erhellt, dass kein Grund zur Abtrennung der endosporen Bacterien von den übrigen Schizophyten vorhanden ist.

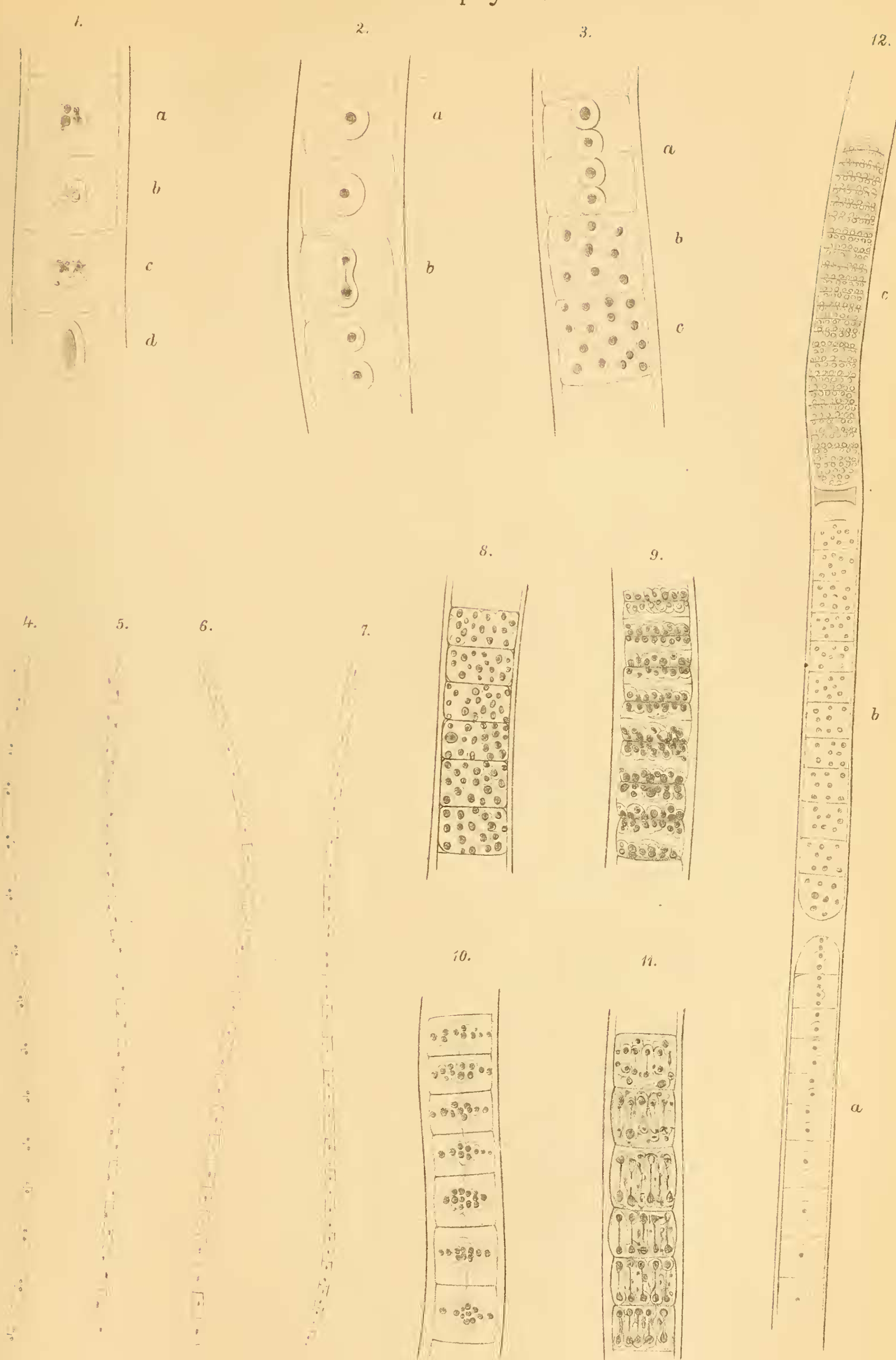
Vielmehr bestätigen die gegebenen Mittheilungen die von Cohn erkannte, von De Bary angenommene und von Zopf so anschaulich illustrirte Zusammengehörigkeit der Bacerien und Cyanophyten.

---

[1] Van Tieghem, Leuconostoc. Ann. sc. nat. 6. Serie, Tom. 7, 1878.

[2] Prazmowski, Über Sporenbildung bei den Bacterien. Krakauer Akad. der Wissensch., 1888.

H. Zukal: Zelleninhalt der Schizophyten.



Autor delin.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Classe, Bd. CI. Abth. I. 1892.